

Vorrichtung und Verfahren zur Erfassung des Wegs eines Zielobjekts

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erfassung der Position eines, insbesondere metallischen, Zielobjekts nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. In einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Erfassung der Position eines, insbesondere metallischen, Zielobjekts nach dem Oberbegriff des Anspruchs 19.

Eine gattungsgemäße Vorrichtung weist mindestens zwei Nachweiseinrichtungen auf, die entlang einer zu überwachenden Wegstrecke so positioniert sind, dass sich die Empfindlichkeitskurven von einander unmittelbar benachbarten Nachweiseinrichtungen wenigstens teilweise überlappen, wobei die Nachweiseinrichtungen jeweils mindestens eine Induktivität und mindestens einen Oszillator aufweisen und, abhängig von einer Entfernung des Zielobjekts von der jeweiligen Nachweiseinrichtung, ein Entfernungssignal liefern. Eine gattungsgemäße Vorrichtung weist weiterhin auf: Mindestens eine Umsetzeinrichtung, die mit den Nachweiseinrichtungen in Wirkverbindung steht, zum Umsetzen der von den Nachweiseinrichtungen jeweils erfassten Entfernungssignale in Analogsignale, sowie mindestens eine Auswerteeinrichtung, die mit der Umsetzeinrichtung oder den Umsetzeinrichtungen in Wirkverbindung steht, zum Ermitteln und Ausgeben einer Ortsposition des Zielobjekts aus den auf die jeweiligen Nachweiseinrichtungen zurückgehenden Analogsignalen.

Bei dem gattungsgemäßen Verfahren werden mindestens zwei Nachweiseinrichtungen entlang einer zu überwachenden Wegstrecke so

positioniert, dass sich die Empfindlichkeitskurven von einander unmittelbar benachbarten Nachweiseinrichtungen wenigstens teilweise überlappen, wobei die Nachweiseinrichtungen jeweils in Abhängigkeit von der Entfernung des Zielobjekts ein Entfernungssignal liefern. Weiterhin werden die von den Nachweiseinrichtungen jeweils erfassten Entfernungssignale von mindestens einer Umsetzeinrichtung in Analogsignale, insbesondere Strom- und/oder Spannungssignale umgesetzt, und aus den verschiedenen, auf die jeweiligen Nachweiseinrichtungen zurückgehenden Analogsignalen wird die Position des Zielobjekts ermittelt.

Derartige Vorrichtungen werden bei einer Vielzahl von industriellen Prozessen im Bereich der Automatisierung eingesetzt. Zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten bestehen auch im Bereich der Automobiltechnik. Beispielsweise ist in DE 102 04 453 A1 ein analoger induktiver Wegaufnehmer beschrieben, mit dem eine relative Verschiebung zwischen einem Fahrzeugsitz und einer Kraftfahrzeugkarosserie bestimmt werden kann. Als Messprinzip dient hierbei die bei einer Relativverschiebung eines Testkörpers aus einem Material hoher magnetischer Permeabilität bewirkte Änderung der magnetischen Induktion. Notwendig für die magnetische Kopplung ist daher ein ferromagnetisches Material, so dass die Einsatzmöglichkeiten des dort beschriebenen induktiven Wegaufnehmers bezüglich des Materials des zu verfolgenden Zielobjekts oder Targets eingeschränkt sind. Insbesondere sind ferromagnetische Targets häufig mechanisch sehr empfindlich.

Im Hinblick auf eine konkrete Bestimmung der Ortskoordinaten eines Zielobjekts besteht ein weiteres Problem darin, dass die Nachweiskurven der verwendeten Nachweiseinrichtungen oder Sensoren meist keine eindeutige Zuordnung eines Messwerts zu einer definierten Position des Objekts relativ zum Sensor gestatten. Vielmehr liefern solche Sensoren, beispielsweise induktive Näherungsschalter, für eine Mehrzahl von Positionen denselben Messwert, beispielsweise für zwei einander bezüglich einer Symmetrieachse gegenüberliegende Punkte auf einer Geraden.

Um dem letztgenannten Problem abzuhelpfen, wurden gekippte Längsspulen eingesetzt. Da das Nachweissignal dann aber sehr stark vom Abstand abhängig ist, können nur sehr begrenzte Wegstrecken überwacht werden.

In EP 1 306 649 A1 ist eine induktive Sensoranordnung zur Erfassung einer Dreh- oder Translationsposition beschrieben, bei der eine Mehrzahl von Primär- oder Sekundärspulen entlang einer zu überwachenden Wegstrecke angeordnet ist. Zum Positionsnachweis wird eine elektromagnetische Beeinflussung der Spulen durch das Zielobjekt herangezogen.

DE 101 30 572 A1 betrifft einen induktiven Wegsensor zur Bestimmung der Position eines Beeinflussungselements. Um einen induktiven Wegsensor mit einer möglichst geringen Baulänge und dabei großer Messgenauigkeit bereitzustellen, wird dort vorgeschlagen, ein und dieselbe Kapazität mit Hilfe eines Umschalters mit einer Mehrzahl von Induktivitäten, die entlang der Wegstrecke angeordnet sind, zu einem Schwingkreis zu verschalten. Als Messeffekt wird dabei der Transformatoreffekt, d.h. die Spannungsinduktion in dem Beeinflussungselement aufgrund der elektromagnetischen Schwingung in dem jeweils aktivierten Schwingkreis, herangezogen.

Gegenstand von DE 42 13 866 A1 ist ein Positionssensor zum Erfassen von linearen oder drehenden Bewegungen mit hoher Auflösung. Zur Lösung der Aufgabe, einen robusten Sensor bereitzustellen, der unter anderem eine hohe Auflösung ermöglicht, wird vorgeschlagen, bei einem Sensor eine Einrichtung zur Durchführung einer Musteranalyse vorzusehen, welche die Kennwerte der Induktivitäten analysiert.

DE 197 38 839 A1 bezieht sich auf einen induktiven Winkelsensor. Um in möglichst einfacher Weise aus den sinusförmigen Ausgangssignalen der Empfangsspulen ein linear mit der Position des Rotorelements zusammenhängendes Sensorausgangssignal zu erzeugen, wird in dieser Schrift ein Winkelsensor vorgeschlagen, bei dem eine Auswahlrichtung in Abhängigkeit von momentanen Ausgabe-

signalen einer Mehrzahl von Empfangsspulen mindestens eines der Ausgangssignale auswählt und daraus die momentane Position des Rotorelements bestimmt.

A u f g a b e der Erfindung ist es, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Erfassung des Wegs eines Zielobjekts anzugeben, bei denen im Vergleich zu den im Stand der Technik bekannten Lösungen erheblich mehr Einsatzmöglichkeiten bestehen.

Diese Aufgabe wird durch die Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und durch das Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 19 gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung sowie Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die gattungsgemäße Vorrichtung ist erfindungsgemäß dadurch weitergebildet, dass von den Nachweiseinrichtungen als Entfernungssignal jeweils ein Bedämpfungssignal des Oszillators ausgebar ist.

Als erster Kerngedanke der Erfindung kann angesehen werden, als Nachweisprinzip nicht mehr, wie im Stand der Technik, die von einem Objekt hoher Permeabilität, d.h. einem ferromagnetischen Objekt, bewirkte Induktion heranzuziehen, sondern die Bedämpfung eines Oszillators durch das Zielobjekt zu verwenden. Da eine solche Bedämpfung grundsätzlich für beliebige metallische Objekte und nicht nur für ferromagnetische Objekte nachweisbar ist, können prinzipiell beliebige metallische Targets, insbesondere auch robuste metallische Zielobjekte, beispielsweise aus Edelstahl, verfolgt werden. Hierdurch wird der Anwendungsbereich gegenüber dem Stand der Technik erheblich verbreitert.

Als weiterer Kerngedanke der vorliegenden Erfindung kann angesehen werden, eine Mehrzahl, d.h. mindestens zwei Nachweiseinrichtungen, entlang einer zu überwachenden Wegstrecke zu positionieren. Auf diese Weise können nicht nur prinzipiell beliebig lange

und beliebig geformte Wegstrecken überwacht werden, es können darüber hinaus auch eventuelle Mehrdeutigkeiten der Nachweissignale durch geeignete Auswertung eliminiert werden. Hierzu werden die Nachweiseinrichtungen erfindungsgemäß so angeordnet, dass sich die Empfindlichkeitskurven von einander unmittelbar benachbarten Nachweiseinrichtungen wenigstens teilweise überlappen.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung ermöglicht also eine lineare Wegerfassung eines metallischen Objekts. Die Anordnung der Wegstrecke kann dabei beliebig lang sein und beliebige Formen annehmen, z.B. geradlinig, kreisförmig oder zickzackförmig. Prinzipiell sind auch Wegverläufe im Zwei- und Dreidimensionalen erfassbar.

Eine typische Anforderung bei industriellen Prozessen, die mit der vorliegenden Erfindung hervorragend erfüllt werden kann, besteht darin, dass ein Objekt oder ein Target über eine beispielsweise 100 mm lange Wegstrecke mit einer Genauigkeit von mindestens 1 mm erfasst werden soll. Bei einem Spezialfall hiervon befindet sich das Objekt immer im gleichen axialen Abstand von den Nachweiseinrichtungen oder den Sensoren.

Wenn Wege im Zweidimensionalen erfasst werden sollen, man spricht in diesem Zusammenhang auch von einer Wegerfassung in zwei Richtungen oder einer flächigen Wegerfassung, kann es zweckmäßig sein, geeignet geformte, beispielsweise besonders kleine, Induktivitäten einzusetzen. Dies ist insbesondere zweckmäßig, wenn die zu erfassenden Wege besonders kleine Krümmungsradien aufweisen.

Bei einer besonders vorteilhaften Variante der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind die Nachweiseinrichtungen jeweils durch eine der Empfindlichkeitskurve entsprechenden Bedämpfungskurve charakterisiert, wobei diese Bedämpfungskurve jeweils Teilbereiche mit hoher Ortsauflösung aufweist. Die Bedämpfungskurve entspricht der in Abhängigkeit der Position des Zielobjekts gegenüber der Nachweiseinrichtung aufgetragenen Schwingungsamplitude des Oszillators, der bevorzugt in Eigenresonanz gehalten wird.

Bei dieser besonders bevorzugten Variante sind die Nachweiseinrichtungen dann so angeordnet, dass aus den Teilbereichen hoher Ortsauflösung der einzelnen Nachweiseinrichtungen eine Nachweiskurve für die gesamte zu überwachende Wegstrecke zusammengesetzt werden kann.

Die Empfindlichkeitskurven werden zweckmäßiger Weise normiert.

Auf diese Weise kann entlang der zu überwachenden Wegstrecke überall eine gewünschte hohe Ortsauflösung erreicht werden.

Bei bevorzugten Weiterbildungen sind dabei die Abstände der Nachweiseinrichtungen so gewählt, dass in den Teilbereichen hoher Ortsauflösung die Ortsauflösung überall größer als 10%, bevorzugt überall größer als 20% und besonders bevorzugt größer als 40% der maximalen Ortsauflösung ist. Selbstverständlich können mit höheren Sensordichten auch Konfigurationen erzielt werden, bei denen beispielsweise die Ortsauflösung an keiner Stelle unter 90% des Maximalwerts absinkt.

Um eine gleichmäßige Ortsauflösung zu erreichen, ist es außerdem zweckmäßig, die Nachweiseinrichtungen entlang der Wegstrecke äquidistant anzuordnen. Beispielsweise können die Nachweiseinrichtungen in einer Reihe angeordnet sein.

In einer Situation, in der eine laterale Ausdehnung der Sensoren größer ist als ein im Hinblick auf die Auflösung optimaler Abstand, können die Nachweiseinrichtungen in beispielsweise parallelen Reihen versetzt zueinander angeordnet sein.

Bei einer weiteren nutzbringenden Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung, die beispielsweise bei einem Kraftspanner Einsatz finden kann, ist eine Führungseinrichtung zum Führen des Zielobjekts entlang der zu überwachenden Wegstrecke vorgesehen.

Hierbei kann es sich zum Beispiel um eine Führungsschiene handeln, in der ein metallisches Target beweglich angeordnet ist.

Ein wesentlicher Vorteil der vorliegenden Erfindung ist nun, dass im Hinblick auf das metallische Target keine hohe Anforderung gestellt ist, beispielsweise kann es sich um ein einfaches Metallplättchen handeln.

Im Bereich großer Überdeckung des Sensors durch das Zielobjekt liegt in den meisten Fällen ein vergleichsweise großer Bereich mit geringer Steigung der Empfindlichkeitskurve, d.h. der Bedämpfungskurve, vor. In diesem Bereich kann entsprechend nur eine geringe Ortsauflösung erzielt werden. Im Extremfall der maximalen Überdeckung ist die Ortsauflösung sogar null. Um diesen Bereich mit geringer Auflösung zu verkleinern, kann es zweckmäßig sein, wenn die Nachweiseinrichtungen entlang der zu überwachenden Wegstrecke so angeordnet sind, dass sie jeweils nur teilweise von dem Zielobjekt überdeckbar sind.

Alternativ oder zusätzlich kann auch das Zielobjekt in seinen Dimensionen so ausgebildet oder gewählt sein, dass eine einzelne Nachweiseinrichtung, beispielsweise also ein Sensor, von dem Zielobjekt nicht vollständig abdeckbar ist.

Zweckmäßig kann beispielsweise sein, wenn die Nachweiseinrichtungen entlang der zu überwachenden Wegstrecke so angeordnet sind oder das Zielobjekt so ausgebildet ist, dass die Nachweiseinrichtungen nur zu 90%, bevorzugt nur zu 85% und besonders bevorzugt nur zu 80%, von dem Zielobjekt überdeckbar sind.

Bei einer besonders bevorzugten Ausgestaltung ist mindestens eine Multiplexeinrichtung zwischen einer Umsetzeinrichtung und einer Mehrzahl von Nachweiseinrichtungen vorgesehen. Auf diese Weise können der schaltungsmäßige Aufwand und damit die Kosten deutlich reduziert werden.

Wenn aber eine besonders hohe Betriebssicherheit erforderlich ist oder wenn eine Nachweiseinrichtung zusammen mit einer Umsetzeinrichtung als separate Einheit austauschbar sein soll, kann es zweckmäßig sein, wenn jeder Nachweiseinrichtung eine Umsetzeinrichtung zugeordnet ist. Prinzipiell können die Indukti-

vitäten beliebig orientiert zu der zu überwachenden Wegstrecke angeordnet sein. Insbesondere können auch verkippte Längsspulen eingesetzt werden. Um mit einer einzelnen Nachweiseinrichtung eine möglichst große Wegstrecke überwachen zu können, d.h. um mit einer möglichst geringen Zahl von Nachweiseinrichtungen bezogen auf die Wegstrecke auskommen zu können, ist es aber zweckmäßig, die Induktivitäten, insbesondere die Spulen, der Nachweiseinrichtungen mit ihren Achsen quer, insbesondere senkrecht, zu der zu überwachenden Wegstrecke anzuordnen.

Ein guter Kompromiss zwischen Zuverlässigkeit des Nachweises und einer gewünschten Minimierung der Zahl der eingesetzten Nachweiseinrichtungen wird erreicht, wenn die Nachweiseinrichtungen so angeordnet sind, dass die flächenmäßige Überlappung der Empfindlichkeitskurven von einander unmittelbar benachbarten Nachweiseinrichtungen zwischen 20 % und 50 %, insbesondere zwischen 25 % und 35 %, beträgt.

Bei einer besonders einfachen Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist bei zumindest einem Teil der Nachweiseinrichtungen die Induktivität als Teil des Oszillators vorgesehen. Die Zahl der benötigten Komponenten kann dann auf ein Minimum reduziert werden.

Für zahlreiche Anwendungen, beispielsweise wenn ein im Wesentlichen linearer Weg erfasst werden soll, kann es ausreichend sein, wenn von den Nachweiseinrichtungen jeweils ein radialer Abstand des Zielobjekts von einer Achse der Induktivität erfassbar ist.

Ein Verfahren der oben angegebenen Art ist erfindungsgemäß dadurch weitergebildet, dass als Entfernungssignal jeweils Bedämpfungssignale von Oszillatoren der Nachweiseinrichtungen verwendet werden.

Die hiermit zusammenhängenden Wirkungen und Vorteile wurden vorstehend im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung erläutert.

Bei einer besonders bevorzugten Variante des Verfahrens werden die Nachweiseinrichtungen so angeordnet, dass aus Teilbereichen mit hoher Ortsauflösung der Bedämpfungskurven der einzelnen Nachweiseinrichtungen eine Nachweiskurve für die gesamte zu überwachende Wegstrecke zusammensetzbar ist und dass zur Bestimmung der Position des Zielobjekts die gemessenen Bedämpfungswerte mit zuvor, insbesondere punktweise, aufgenommenen Einlerndaten verglichen werden.

Auf diese Weise kann eine sehr präzise und besonders gut reproduzierbare Positionsbestimmung erzielt werden.

Zweckmäßig wird dabei zur Aufnahme der Einlerndaten das Zielobjekt entlang der zu überwachenden Westrecke geführt, wobei die Position des Zielobjekts und die jeweiligen Bedämpfungssignale der Nachweiseinrichtungen mitgeschrieben werden. Dieser Vorgang kann mehrmals wiederholt werden, wobei anschließend die gewonnenen Messdaten zur Bereitstellung einer Eichkurve gemittelt werden.

Prinzipiell ermöglicht dieses Verfahren auch eine dreidimensionale Ortsbestimmung, wobei dann bei der Aufnahme der Einlerndaten der Ort des Zielobjekts auch quer zu der zu überwachenden Wegstrecke variiert wird und wobei auch hierbei jeweils die Positionen und jeweiligen Bedämpfungssignale mitgeschrieben werden.

Um eine besonders hohe Ortsauflösung zu erzielen, ist es zweckmäßig, die Bedämpfungskurve derjenigen Nachweiseinrichtung heranzuziehen, bei der an der aktuellen Position des Zielobjekts die zweitgrößte Bedämpfung gemessen wird. Man befindet sich dann weder im Bereich des Dämpfungsminimums, noch in den flachen Bereichen der Bedämpfungskurven weit entfernt vom Minimum. Vielmehr wird die zweitgrößte Bedämpfung gemessen, wenn sich das Zielobjekt im Bereich des linken oder rechten Schenkels des Minimums befindet.

Gemäß einer Kernidee der vorliegenden Erfindung kann eine Abstands- und/oder Positionsunabhängigkeit der Auswertung erzielt werden, wenn zur Auswertung ein Wertepaar bestehend aus dem Bedämpfungssignal, bei dem die zweitgrößte Bedämpfung gemessen wird und dem Bedämpfungssignal, bei dem die größte Bedämpfung gemessen wird, zur Auswertung herangezogen wird.

Bei einfachen Varianten der Datenauswertung wird zur Bestimmung der Position des Zielobjekts zwischen Punkten der Einlerndaten interpoliert.

Weiterhin können, um die Auswertung zu vereinfachen, Teilstücke der Bedämpfungskurven der Nachweiseinrichtungen für die Auswertung jeweils durch Geraden angenähert werden.

Bei der Verarbeitung der Analogsignale, die durch geeignete Hardware, beispielsweise Microcontroller, erfolgen kann, kann entweder nur ein Abschnitt einer Spule berücksichtigt werden oder es werden mehrere Spulen gleichzeitig ausgewertet und anschließend wird aus den verschiedenen Werten ein Verhältnis gebildet, um den genauen Wegpunkt, insbesondere eindeutig, zu ermitteln.

Die Verhältnisauswertung bietet sich bei breiteren Targets bzw. einer höheren Dichte von Nachweiseinrichtungen bzw. Spulensystemen an.

Weitere Eigenschaften und Vorteile der Erfindung werden nachstehend unter Bezugnahme auf die beigefügten schematischen Figuren beschrieben.

Dort zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Vorrichtung;

- Fig. 2 eine schematische Darstellung des Verlaufs der Empfindlichkeitskurven einer Mehrzahl von Nachweiseinrichtung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;
- Fig. 3 eine schematische Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Vorrichtung;
- Fig. 4 eine weitere schematische Ansicht des Verlaufs der Bedämpfungskurven von drei Sensoren einer erfindungsgemäßen Vorrichtung sowie eine Möglichkeit der Auswertung;
- Fig. 5 eine weitere Darstellung der Bedämpfungskurven von drei Sensoren einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit verändertem Abstand zum Zielobjekt;
- Fig. 6 eine vergrößerte Darstellung der Bedämpfungskurven von drei Sensoren einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;
- Fig. 7 eine schematische Darstellung von Einlerndaten;
- Fig. 8 eine schematische Schnittansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung; und
- Fig. 9 eine schematische Teilansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Abbildung 1 zeigt in einer schematischen Darstellung ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 10. Entlang einer zu überwachenden Wegstrecke 51 auf einer Beförderungsbahn 56, bei der es sich beispielsweise um ein Fließband handeln kann, sind insgesamt drei Nachweiseinrichtungen 14, 24, 34 angeordnet. Die Nachweiseinrichtungen 14, 24, 34 weisen jeweils ein Spulensystem mit einer Induktivität 16, 26, 36 als Teil eines Oszillators 18, 28, 38 auf.

Die Nachweiseinrichtungen 14, 24, 34 nutzen den auch bei Näherungsschaltern wirksamen Effekt einer Bedämpfung einer Indukti-

vität, die Teil eines Oszillators ist, wenn das nachzuweisende Zielobjekt in die Nähe dieser Induktivität 16, 26, 36 gebracht wird. Abhängig von einer relativen Lage eines zu überwachenden Objekts 50 zu den Induktivitäten 16, 26, 36 werden also die Oszillatoren 18, 28, 38 gedämpft. Zur Umsetzung dieser jeweils von den Nachweiseinrichtungen 16, 26, 36 erfassten Bedämpfungen in Analogsignale, insbesondere Strom- und/oder Spannungssignale, sind die Oszillatoren 18, 28, 38 jeweils mit Umsetzeinrichtungen 19, 29, 39 verbunden.

Die von den Umsetzeinrichtungen 19, 29, 39 gelieferten Messsignale sind aus prinzipiellen messtechnischen Gründen mehrdeutig, so dass aus einem bestimmten Messsignal noch nicht eindeutig auf eine bestimmte Raumposition des Zielobjekts 50 geschlossen werden kann. Die Umsetzeinrichtungen 19, 29, 39 sind deshalb mit einer gemeinsamen Auswerteeinrichtung 52 zum Ermitteln einer eindeutigen Ortsposition aus den aus den jeweiligen Nachweiseinrichtungen 19, 29, 39 zurückgehenden Analogsignalen verbunden.

Im Unterschied zu analogen Näherungsschaltern wird bei der in Fig. 1 gezeigten Vorrichtung 10 nicht der Abstand des Zielobjekts 50 zu den Sensorflächen gemessen, sondern bei gleichbleibendem axialen Abstand die Änderung der Bedämpfung durch die Veränderung der Überdeckung der Induktivitäten 16, 26, 36 durch das Zielobjekt 50, was dem seitlichen, d.h. radialen Abstand zur Mitte der Spule bzw. der Spulenachse entspricht.

Die nachfolgende Verarbeitung durch entsprechende Hardware, z.B. durch einen hier nicht gezeigten Micro-Controller ermöglicht die Verknüpfung der Empfindlichkeitskurven dergestalt, dass die Zuordnung eindeutig wird und ein einzelnes Signal, das die Wegstrecke wiedergibt, ausgegeben werden kann.

Dabei kann eine einfache Auswertung oder auch eine Verhältnis-Auswertung vorgenommen werden. Im ersten Fall, der nachstehend unter Bezugnahme auf Fig. 2 erläutert wird, werden jeweils nur Ausschnitte aus den Empfindlichkeitskurven für eine einzelne Nachweiseinrichtung berücksichtigt. Bei der Verhältnis-Aus-

wertung werden mehrere Spulen gleichzeitig ausgewertet und es werden aus den erhaltenen Analogsignalen Verhältnisse gebildet, um auf diese Weise den genauen Wegpunkt zu ermitteln.

An einem Ausgang 53 wird ein Analogsignal bereitgestellt, welches im vorliegenden Beispiel bezogen auf eine Koordinatenachse 62 eine eindeutige Ortsposition des zu überwachenden Zielobjekts 50, dessen Bewegungsrichtung durch den Pfeil 55 angedeutet ist, darstellt.

Prinzipiell sind auch Auswerteeinrichtungen mit mehreren Ausgängen möglich, die die Position eines Zielobjekts 50 bezüglich weiterer Koordinatenachsen angeben.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung ist schematisch in Figur 3 dargestellt.

Äquivalente Komponenten sind dabei jeweils mit denselben Bezugszeichen wie in Figur 1 gekennzeichnet.

Im Unterschied zu dem Beispiel aus Figur 1 ist dort zwischen den Oszillatoren 18, 28, 38 und einer gemeinsamen Umsetzeinrichtung 59 eine Multiplexeinrichtung 54 zum Umschalten zwischen den einzelnen Oszillatoren 18, 28, 38 vorgesehen. Da nur eine Umsetzeinrichtung 59 erforderlich ist, bietet sich diese Variante insbesondere für Anwendungen an, bei denen eine besonders große Wegstrecke 51 überwacht werden soll, d.h. wenn eine besonders große Anzahl von Nachweiseinrichtungen 14, 24, 34 erforderlich ist.

In der übrigen Funktionsweise entspricht die Ausgestaltung nach Figur 3 dem im Zusammenhang mit Figur 1 beschriebenen Beispiel.

In Figur 2 ist schematisch der Verlauf der Empfindlichkeitskurven 15, 25, 35, 45 von insgesamt vier Nachweiseinrichtungen gezeigt. Dargestellt ist jeweils das Ausgangssignal der entsprechenden Umsetzeinrichtung auf der vertikalen Achse 64 gegenüber der Ortskoordinate auf der horizontalen Achse 66.

Wie aus Figur 2 ersichtlich, weisen die Empfindlichkeitskurven 15, 25, 35, 45 jeweils ein Minimum 17, 27, 37, 47 auf, was einem minimalen Abstand des Zielobjekts 50 bezüglich der jeweiligen Induktivität 16, 26, 36, d.h. einer maximalen Bedämpfung entspricht. Das Zielobjekt 50 steht dann unmittelbar vor der jeweiligen Induktivität 16, 26, 36. Im vorliegenden Beispiel sind die Spulenachsen der Induktivitäten 16, 26, 36 senkrecht zu der zu überwachenden Wegstrecke 51 angeordnet, was sich in einem symmetrischen Verlauf der Empfindlichkeitskurven 15, 25, 35, 45 beiderseits des Minimums 17, 27, 37, 47 niederschlägt. Je weiter sich das Zielobjekt 50 von dem Minimum 17, 27, 37, 47 entfernt, desto größer ist der Wert der entsprechenden Empfindlichkeitskurve 15, 25, 35, 45 oder umso geringer ist die jeweilige Bedämpfung.

Die Nachweiseinrichtungen sind relativ zueinander so angeordnet, dass beispielsweise die Empfindlichkeitskurven 35, 45, die zu benachbarten Nachweiseinrichtungen gehören, auf etwa 30 % ihrer Fläche überlappen. Der Überlappungsbereich ist dabei mit dem Bezugszeichen 58 gekennzeichnet. Experimente haben gezeigt, dass mit Überlappungswerten im Bereich von 30 % eine hinreichende Zuverlässigkeit der Ortsbestimmung bei noch vertretbarer Anzahl der notwendigen Nachweiseinrichtungen erzielt wird.

Die Empfindlichkeitskurven von Nachweiseinrichtungen, die durch jeweils eine weitere Nachweiseinrichtung getrennt zueinander angeordnet sind, überlappen bei dem in Figur 3 gezeigten Beispiel auf etwa 10 % ihrer Fläche. Der beispielhaft gezeigte Überlappungsbereich der Kurven 25, 45 ist mit dem Bezugszeichen 60 gekennzeichnet.

Für die Auswertung werden nur die mit der dickeren Linie 68 gekennzeichneten Abschnitte der Empfindlichkeitskurven 15, 25, 35, 45 herangezogen. Die Bereiche 68 der Empfindlichkeitskurven 15, 25, 35 entsprechen gerade den Bereichen hoher Ortsauflösung dieser Bedämpfungskurven.

Weitere Beispiele für den Verlauf der Empfindlichkeits- oder Dämpfungskurven 25, 35, 45 sind in den Fig. 4 bis 6 dargestellt. Aufgetragen ist dort jeweils die Schwingungsamplitude des Oszillators der jeweiligen Nachweiseinrichtung in normierten Einheiten auf der Ordinate 64 gegenüber der Position des Zielobjekts 50 entlang der überwachenden Wegstrecke. Die Position ist an der Abszisse 66 dabei in Millimetern angegeben. Äquivalente Komponenten sind in den Fig. 4 bis 6 jeweils mit denselben Bezugszeichen dargestellt.

Der Aufbau der dabei verwendeten Vorrichtung 10 ist in den Fig. 8 und 9 schematisch gezeigt. Die Vorrichtung 10 besteht im Wesentlichen aus einer Leiterplatte 80, auf der insgesamt vierzehn Sensoren 82 angeordnet sind. Der für die Sensoren 82 jeweils dargestellte Kreis entspricht etwa der Umrandung eines Spulenkerns der Induktivität des Oszillators.

Als Target oder Zielobjekt 50 dient im gezeigten Beispiel ein dünnes Metallplättchen 50, welches in Führungsnuten 92 einer Führungseinrichtung beweglich gelagert ist. Wie aus Fig. 8 ersichtlich, ist die Leiterplatte 80 so relativ zu der Führungseinrichtung 90 positioniert, dass das Target 50 über die einzelnen Sensoren 82 geführt wird, wenn es entlang den Führungsnuten 92 bewegt wird.

Die in den Fig. 8 und 9 gezeigte Vorrichtung 10 kann in einem Kraftspanner zum Einsatz kommen, mit dem beispielsweise bei der Automobilfertigung zwei miteinander zu verschweißende Bleche festgehalten werden. Ein solcher Kraftspanner fährt, z.B. mit Hilfe von Druckluft, seine Backen immer bis auf Anschlag an die festzuhaltenden Bleche. Das Target 50 ist dabei mechanisch so mit den Backen verbunden, dass die Winkelposition über eine monotone Funktion mit der linearen Position des Targets 50 in der Führungseinrichtung 90, die in einer alternativen Gestaltung auch als Zylinder ausgebildet sein kann, zusammenhängt. Die Position des Targets 50 wird dann mit Hilfe der erfindungsgemäßen Vorrichtung 10 gemessen.

Vor Aufnahme des eigentlichen Betriebs werden bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung 10 entsprechend einer Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens Eich- oder Einlernkurven aufgenommen, wobei das jeweilige Zielobjekt 50 entlang der zu überwachenden Wegstrecke geführt und jeweils die Position des Zielobjekts 50 und die jeweiligen Bedämpfungen der einzelnen Sensoren 82 mitgeschrieben werden. Die Bestimmung der Position des Gegenstands bei Aufnahme der Einlernkurven kann im einfachsten Fall mit Hilfe eines Lineals erfolgen.

Um für die einzelnen Nachweiseinrichtungen prinzipiell identische Sensoreigenschaften zu erhalten, werden die Sensoren in einem ersten Schritt, beispielsweise mit einer Stahlplatte, die so vor die Leiterplatte 80 gehalten wird, dass alle Sensoren 82 denselben Abstand zu dieser Platte aufweisen, abgeglichen.

Die Aufnahme der Einlernkurven ergibt einen Satz von Kurven der in den Fig. 4 bis 6 gezeigten Art.

Im eigentlichen Messbetrieb wird dann aus den konkret gemessenen Bedämpfungssignalen unter Zuhilfenahme der Einlernkurven die jeweilige Position bestimmt.

Die Einlernkurven können beispielsweise viermal aufgenommen werden, wobei anschließend ein Mittelwert gebildet wird. Es ist auch möglich, für die ganz konkrete Anwendung die Einlernkurven jeweils mit den im tatsächlichen Betrieb des Kraftspanners festzuhaltenden Werkstücken, beispielsweise also den Blechen, aufzunehmen.

Durch unterschiedliche Effekte, insbesondere Verschleiß der Mechanik, Verschleiß von Kunststoffüberzügen oder Verschmutzungen, kann sich die Winkelposition der Backen des Kraftspanners und/oder die lineare Position des Zielobjekts 50 im geschlossenen Zustand verändern, obwohl sich die Dicke der jeweils eingelegten Bleche nicht ändert.

Wenn nun bei Beginn der Benutzungsaufnahme die Endpositionen, also die Zustände "Backen auf" und "Backen mit Blech geschlossen" einmal aufgezeichnet werden, kann durch Mitschreiben der Position des Zielobjekts 50 im geschlossenen Zustand über eine längere Betriebsphase eine Information über den Verschleiß des Kraftspanners gewonnen werden. Beispielsweise kann, wenn sich die Position des Zielobjekts 50 um mehr als einen festgelegten Wert von der ursprünglich ermittelten Position entfernt, der Kraftspanner oder zumindest Teile davon können ausgetauscht werden.

Prinzipiell ist es auch möglich, nach einer bestimmten Betriebszeit Eich- oder Einlernkurven erneut aufzunehmen.

Bei besonders bevorzugten Ausführungsbeispielen des Kraftspanners ändert sich die Übersetzung der Mechanik über den Winkelhub der Klemmbacken. Je weiter die Klemmbacken zufahren, umso größer ist der Linearvershub des Zielobjekts 50 pro Winkeleinheit.

Fig. 4 zeigt einen Ausschnitt aus den Bedämpfungskurven 25, 35, 45 von drei benachbart zueinander angeordneten Sensoren 82. Mit der vertikalen Geraden 70 ist beispielhaft eine Position des Zielobjekts 50 angedeutet. Aufgetragen ist jeweils die maximale Schwingungsamplitude der drei Oszillatoren der Sensoren 82. Im konkreten Beispiel sind die Achsen der Spulensysteme entlang der zu überwachenden Wegstrecke 8 mm voneinander beabstandet. Die Geometrie des Bedämpfungselements, d.h. des Zielobjekts 50, ist für den Verlauf der Bedämpfungskurven 25, 35, 45 entscheidend.

Die in Fig. 4 gezeigten Kurven wurden mit einem Bedämpfungselement, d.h. einem Zielobjekt 50, mit einer Breite von 8 mm aufgenommen. In Fig. 9 ist diese Breite mit der Klammer 57 angedeutet. Ist das Zielobjekt 50 breiter oder schmaler, verschieben sich die Schnittpunkte der Kurven und die Ortsauflösung entlang der zu überwachenden Wegstrecke verringert sich, da dann Kurvenbereiche für die Auswertung herangezogen werden müssen, die eine geringere Steigung haben. Der Spannungshub in diesen Bereichen ist kleiner, so dass Streuungen, Messungenauigkeiten, eventuelle

Temperaturverläufe usw. stärker zum Tragen kommen und die Auflösung sich dadurch verringert.

Die sich bei der Position der vertikalen Geraden 70 ergebenden Werte der Amplitude für die drei hier betrachteten Bedämpfungskurven 25, 35, 45 werden für die Positionsauswertung ausgenutzt.

Das einfachste Verfahren zur Ermittlung der Position besteht darin, die Kurven, die sich durch die Überdeckung der Spulensysteme ergeben, zwischen den jeweiligen Schnittpunkten durch Geraden anzunähern. Dies ist in Fig. 4 beispielhaft für den Bereich zwischen den Schnittpunkten der Geraden 25 und 35 gezeigt. Dieser Bereich wird in Fig. 4 durch eine Gerade 72 angenähert. Bei diesem Verfahren wird ein einzelnes Spulensystem zur Berechnung der Position des Zielobjekts 50 herangezogen. Dazu werden die Bedämpfungen sämtlicher Spulensysteme gemessen und die Spule mit der zweithöchsten Bedämpfung wird zur Positionsauswertung verwendet, da diese Spule den steilsten Spannungsverlauf in dem betrachteten Bereich aufweist.

Dieses Verfahren kann aber noch verbessert werden, da eine Veränderung des Abstands des Zielobjekts 50 quer zu der zu überwachenden Wegstrecke ebenfalls zu veränderten Bedämpfungen der Sensoren 82 führt. Hierdurch wird ebenfalls die Auflösung verringert, da eine Entfernung des Zielobjekts 50, also des Bedämpfungselements, von der Vorrichtung 10 quer zu der zu überwachenden Wegstrecke für einen einzelnen Sensor 82 denselben Effekt bewirkt wie eine seitliche Bewegung des Zielobjekts 50 entlang der zu überwachenden Wegstrecke. Entsprechend spielt es bei Annäherung des Zielobjekts 50 an einen einzelnen Sensor 82, die eine stärkere Bedämpfung des Oszillators nach sich zieht, keine Rolle, ob diese Annäherung entlang der zu überwachenden Wegstrecke oder quer dazu erfolgt.

Verändert man den Abstand des Zielobjekts 50, also des Bedämpfungselements, zu der Vorrichtung 10 quer zu der zu überwachenden Wegstrecke, ändern sich auch die Bedämpfungsamplituden der Oszillatoren der jeweiligen Sensoren 82 deutlich. Dies ist an-

schaulich in Fig. 5 zu sehen, bei der der Abstand des Zielobjekts 50 um 0,5 mm gegenüber den Kurvenverläufen aus Fig. 4 erhöht wurde.

Eingetragen ist in Fig. 5 zusätzlich die Gerade 72, die der Linearisierung des Verlaufs der Kurve 25 zwischen den Schnittpunkten der Kurve 25 mit den Kurven 35 und 45 in Fig. 4 entspricht. Außerdem ist in Fig. 5 für die dortige Kurve 25 eine Gerade 74 eingezeichnet, die dem linearisierten Verlauf des Teilbereichs zwischen den Schnittpunkten der Kurve 25 mit den Kurven 35 und 45 entspricht.

Die in Fig. 4 gezeigten Bedämpfungskurven 25, 35 und 45 wurden bei einem Abstand des Zielobjekts 50 von 2,5 mm von den Sensoren 82 aufgenommen. Die Kurven 25, 35 und 45 aus Fig. 5 entsprechen einer Situation, bei der das Zielobjekt 50 3 mm von den Sensoren 82 beabstandet ist.

Aus dem unterschiedlichen Verlauf der Geraden 72 und 74 ergibt sich im relevanten Bereich zwischen den Schnittpunkten der Kurve 25 mit den Kurven 35 und 45 im ungünstigsten Fall eine Abweichung in der Positionsbestimmung, also ein Positionsfehler, von 1,35 mm. Die Auflösung und die Genauigkeit der Positionsbestimmung wird somit erheblich eingeschränkt, wenn das Bedämpfungselement nicht sehr genau einen vorgegebenen Abstand zu den Sensoren 82 einhält.

Bei einer vom Kunden vorgegebenen Anforderung von +/- 1 mm bei einer maximalen Abstandsänderung des Zielobjekts 50 von insgesamt 1,5 mm wäre das hier beschriebene Verfahren also nicht geeignet.

Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wurde erfindungsgemäß ein Auswertungsverfahren entwickelt, das die Berechnung der Position weitestgehend unabhängig vom Abstand des Bedämpfungselement, also des Zielobjekts 50 zu den das Spulensystem bildenden Sensoren 82 macht.

Bei diesem Verfahren wird zusätzlich die Bedämpfung der Spule berücksichtigt, die direkt unter der Bedämpfungsfahne, also direkt unter dem Zielobjekt 50 liegt. Dies ist der Sensor, der die größte Bedämpfung erfährt. Zudem wird zur Positionsbestimmung entlang der zu überwachenden Wegstrecke nicht mehr eine interpolierende Gerade verwendet.

Dies wird anhand der Fig. 6 und 7 erläutert.

Die in Fig. 6 durch die vertikale Gerade 70 angedeutete Position des Zielobjekts 50 liegt zwischen den Schnittpunkten A und B der Kurve 25 mit Kurve 35 bzw. 45. Die Spannung U_1 der Bedämpfungskurve 25 ist in diesem Bereich größer als die durch den Kurvenverlauf 35 der einen Nachbarspule gegebene Spannung U_2 , liegt jedoch unter der Spannung U_3 der anderen Nachbarspule, die durch die Kurve 45 dargestellt ist. Die Spannungen der einzelnen Sensoren 82 sind auf einen Bereich von 0,1 bis 1 Volt normiert bzw. skaliert. Generell kann auf beliebige Werte normiert oder skaliert werden. Einzige Voraussetzung ist, dass alle Spulensysteme, also alle Sensoren 82, einzeln auf einen definierten Bereich skaliert oder normiert werden, um Toleranzen zwischen den einzelnen Spulen und Bauteilen der Auswerteeinheiten, beispielsweise der Oszillatoren, auszugleichen. Dies kann z.B. in der Art erfolgen, dass die Oszillatoren auf gleiche Amplitude bei gleicher Überdeckung aller Spulen und gleichem Abstand des Bedämpfungselements, also des Zielobjekts 50, zu den Spulen abgeglichen werden. Praktisch kann dies durch Abgleich bei gleichzeitiger Bedämpfung aller Spulen mit einer großen Stahlplatte in definiertem Abstand erfolgen.

Eine Kernidee des Auswerteverfahrens ist es, die Tatsache auszunutzen, dass für jedes Wertepaar von Spannungen U_1 und U_2 im Bereich von Punkt A bis Punkt B genau eine zugehörige Position existiert, so dass eine eindeutige Zuordnung möglich ist. Jedem dieser Wertepaare kann ebenso genau ein Abstand, d.h. eine Entfernung des Zielobjekts 50 von den Sensoren 82 quer zu der zu überwachenden Wegstrecke, zugeordnet werden.

Allgemein wird in der vorliegenden Beschreibung unter dem Begriff "Position" der Ort des Zielobjekts 50 an einer bestimmten Stelle der zu überwachenden Wegstrecke verstanden. Im Unterschied dazu wird mit "Abstand" die jeweilige Entfernung des Zielobjekts 50 von den Sensoren 82 quer zu der zu überwachenden Wegstrecke bezeichnet.

Bei den häufigsten Anwendungsfällen soll die Position des Zielobjekts 50 ermittelt werden. Nachstehend wird erläutert, wie dies anhand eines Wertepaars erfolgen kann. Prinzipiell ist aber auch die Auswertung des Abstands des Bedämpfungselements, also des Zielobjekts 50 zu den Sensoren 82 als Verfahrensgröße möglich. Die Auswertung erfolgt dabei weitgehend identisch.

Der Verlauf der Position in Abhängigkeit der beiden Größen U_1 und U_2 kann durch Mitschreiben von Messwerten in definierten Schritten erfolgen. Hierzu wird die Position des Zielobjekts 50 in definierter Schrittweite variiert und an jeder Position wird wiederum der Abstand des Zielobjekts 50 in definierter Schrittweite verändert.

Die so gewonnenen Messwertpaare können dann durch mathematische Verfahren angenähert werden, so dass auch eine exakte Positionsbestimmung zwischen diesen Messwerten erfolgen kann. Bei einer einfachen Variante wird z.B. zwischen den einzelnen Punkten mit Hilfe einer Messwerttabelle interpoliert. Hierzu legt man die Messwertpaare in einer zweidimensionalen Tabelle mit den Achsen U_1 und U_2 an und trägt in die jeweiligen Zellen der Tabelle die zugehörige Position ein. Eine solche Tabelle ist in Fig. 7 dargestellt.

Zur Positionsberechnung sucht man nun in der Tabelle den zum jeweiligen Wertepaar nächstniedrigeren Eintrag aus und berechnet mit Hilfe der benachbarten Werte durch Interpolation die tatsächliche Position des zu überwachenden Zielobjekts 50.

Beispielsweise wird das Wertepaar $(U_1, U_2) = (0,535; 0,28)$ durch Messung ermittelt. Der nächstniedrigere Tabelleneintrag hierzu

ist a15. Die tatsächliche Position des Zielobjekts 50 kann nun durch Interpolation aus den Einträgen a15, a16, a25 und a26 berechnet werden.

Wenn die Tabelle statt mit den Werten für die jeweiligen Positionen mit denjenigen für unterschiedliche Abstände gefüllt wird, kann auf gleiche Weise die Berechnung des Abstands des Bedämpfungselements unabhängig von der Position erfolgen. Durch Verwendung beider Tabellen kann außerdem eine zweidimensionale Erfassung durchgeführt werden, bzw. bei geeigneter Anordnung der Spulensysteme, beispielsweise in einem Rechteck, auch eine dreidimensionale Erfassung.

Die Berechnung mittels Tabelle und Interpolation ist besonders für leistungsschwache Systeme geeignet, da sie nur sehr geringe Anforderungen an die Rechenleistung stellt. Wenn mehr Rechenleistung zur Verfügung steht, kann der Positionsverlauf oder der Abstandsverlauf der Wertepaare auch durch eine lineare, stetige Funktion angenähert werden. Damit ist eine genauere Berechnung bzw. eine höhere Auflösung möglich.

Im Hinblick auf die erreichbare Ortsauflösung spielt die Anordnung der Sensoren, genauer: der Abstand der Sensoren eine wichtige Rolle. Wenn man beispielsweise die Bedämpfungskurve eines einzigen Sensors 82 betrachtet, ist die Auflösung im Bereich des linken und rechten Schenkels des Minimums groß, ansonsten aber klein. Beispielsweise ist sie im Minimum praktisch Null. Die Abstände der Sensoren 82 sind bei der in den Fig. 8 und 9 gezeigten Variante nun gerade so gewählt, dass zwischen den Schnittpunkten der Kurven 25, 35, 45 jeweils praktisch nur steile Bereiche liegen, die Auflösung also überall groß ist.

Eine weitere Verbesserung der Ortsauflösung kann dadurch erzielt werden, dass das Zielobjekt 50 in seinen Dimensionen so gewählt wird, dass die einzelnen Sensoren 82 nicht mehr vollständig überdeckt werden können. Durchgeführte Tests haben beispielsweise ergeben, dass zwischen 8/9 und 9/9 Überdeckung eines Sensors praktisch keine Änderung der Bedämpfung mehr festzustellen war.

Wenn nun das zu überwachende Zielobjekt 50 etwas kleiner gewählt wird, kann erreicht werden, dass die Minima der Bedämpfungskurven schärfer werden. Das in Fig. 9 gezeigte Zielobjekt 50 weist eine Breite 57 von 8 mm auf, wohingegen der Durchmesser der Sensoren 82 jeweils 9 mm beträgt.

Weiterhin ergibt sich aus der Anforderung einer konstant großen Auflösung über die gesamte Wegstrecke ein bestimmter Abstand der Sensoren 82. Wenn nun dieser Abstand kleiner ist, als ein Durchmesser der Sensoren, kann, wie im vorliegenden Beispiel, eine Zick-Zack-Anordnung gewählt werden.

In der hier gezeigten Situation ist das Zielobjekt ein Metallplättchen mit einer Länge von 16 mm, einer Breite von 8 mm und einer Dicke von 1 mm. Der Durchmesser der Sensoren beträgt 9 mm. Als idealer Abstand der Sensoren im Hinblick auf eine große Ortsauflösung wurde 8 mm ermittelt. Die insgesamt 14 Sensoren sind, wie aus Fig. 9 ersichtlich, in zwei Reihen gegeneinander versetzt angeordnet, wobei der Abstand der Mittelpunkte zweier Sensoren 82 auf derselben Reihe 16 mm beträgt. Der Abstand zum nächstliegenden Sensor 82 auf der gegenüberliegenden Seite beträgt jeweils 10 mm.

Das Zielobjekt 50 ist also gerade so dimensioniert, dass ein einzelner Sensor 82 nie vollständig überdeckt werden kann.

Mit einer entsprechenden Anordnung können selbstverständlich auch nichtgerade Wege überwacht werden. Hierzu müssen die Sensoren 82 lediglich entlang einer Kurve angeordnet werden.

Mit der vorliegenden Erfindung wird ein induktives lineares Wegmesssystem zur Erfassung eines metallischen Objekts über eine definierte Wegstrecke bereitgestellt, mit dem prinzipiell beliebig lange und beliebig geformte Wegstrecken überwacht werden können und das insbesondere auch die Überwachung von robusten metallischen Targets, die nicht ferromagnetisch zu sein brauchen, möglich macht.

PATENTANSPRÜCHE

1. Vorrichtung zur Erfassung der Position eines, insbesondere metallischen, Zielobjekts (50), insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 19 bis 27, mit mindestens zwei Nachweiseinrichtungen (14, 24, 34), die entlang einer zu überwachenden Wegstrecke (51) so positioniert sind, dass sich die Empfindlichkeitskurven (15, 25, 35) von einander unmittelbar benachbarten Nachweiseinrichtungen (24, 24, 34) wenigstens teilweise überlappen, wobei die Nachweiseinrichtungen (14, 24, 34) jeweils mindestens eine Induktivität (16, 26, 36) und mindestens einen Oszillator (18, 28, 38) aufweisen und, abhängig von einer Entfernung des Zielobjekts (50) von der jeweiligen Nachweiseinrichtung (14, 24, 34), ein Entfernungssignal liefern, mit mindestens einer Umsetzeinrichtung (19, 29, 39, 59), die mit den Nachweiseinrichtungen (14, 24, 34) in Wirkverbindung steht, zum Umsetzen der von den Nachweiseinrichtungen (14, 24, 34) jeweils erfassten Entfernungssignale in Analogsignale, insbesondere Strom- und/oder Spannungssignale, und mit mindestens einer Auswerteeinrichtung (52), die mit der Umsetzeinrichtung oder den Umsetzeinrichtungen (19, 29, 39, 59) in Wirkverbindung steht, zum Ermitteln und Ausgeben einer Ortsposition des Zielobjekts (50) aus den auf die jeweiligen Nachweiseinrichtungen (14, 24, 34) zurückgehenden Analogsignalen,

dadurch gekennzeichnet,
dass von den Nachweiseinrichtungen (14, 24, 34) als Entfernungssignal jeweils ein Bedämpfungssignal des Oszillators ausgebar ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Bedämpfungskurve einer Nachweiseinrichtung (14, 24, 34) jeweils Teilbereiche mit hoher Ortsauflösung aufweist,
dass die Nachweiseinrichtungen (14, 24, 34) so angeordnet sind, dass aus den Teilbereichen hoher Ortsauflösung der einzelnen Nachweiseinrichtungen (14, 24, 34) eine Nachweiskurve für die gesamte zu überwachende Wegstrecke zusammensetzbar ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass in den Teilbereichen hoher Ortsauflösung die Ortsauflösung überall größer als 10 %, bevorzugt überall größer als 20 %, und besonders bevorzugt überall größer als 40 % der maximalen Ortsauflösung ist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Nachweiseinrichtungen (14, 24, 34) entlang der Wegstrecke äquidistant angeordnet sind.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Führungseinrichtung zum Führen des Zielobjekts (50) entlang der zu überwachenden Wegstrecke vorgesehen ist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein in der Führungseinrichtung beweglich angeordnetes Zielobjekt (50) vorgesehen ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Nachweiseinrichtungen (14, 24, 34) entlang der zu
überwachenden Wegstrecke so angeordnet sind, dass sie je-
weils nur teilweise von dem Zielobjekt (50) überdeckbar
sind.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Nachweiseinrichtungen (14, 24, 34) entlang der zu
überwachenden Wegstrecke so angeordnet sind, dass sie je-
weils nur zu 90 %, bevorzugt nur zu 85 % und besonders be-
vorzugt nur zu 80 %, von dem Zielobjekt (50) überdeckbar
sind.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Zielobjekt (50) in seinen Dimensionen so gewählt
oder ausgebildet ist, dass eine einzelne Nachweiseinrich-
tung (14, 24, 34) von dem Zielobjekt (50) nur teilweise
überdeckbar ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Zielobjekt (50) ein Metallplättchen ist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Nachweiseinrichtungen (14, 24, 34) in einer Reihe
angeordnet sind.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Nachweiseinrichtungen (14, 24, 34) in zwei paral-
lelen Reihen jeweils versetzt angeordnet sind.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Nachweiseinrichtung (14, 24, 34) eine Umsetzeinrichtung (19, 29, 39, 59) zugeordnet ist.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Multiplexeinrichtung (54) zwischen einer Umsetzeinrichtung (59) und einer Mehrzahl von Nachweiseinrichtungen (14, 24, 34) vorgesehen ist.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Induktivitäten (16, 26, 36), insbesondere die Spulen, der Nachweiseinrichtungen (14, 24, 34) mit ihren Achsen quer, insbesondere senkrecht, zu der zu überwachenden Wegstrecke (51) angeordnet sind.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass in zumindest einem Teil der Nachweiseinrichtungen (14, 24, 34) die Induktivität (16, 26, 36) als Teil des Oszillators (18, 28, 38) vorgesehen ist.
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Nachweiseinrichtungen (14, 24, 34) so angeordnet sind, dass die flächenmäßige Überlappung der Empfindlichkeitskurven (15, 25, 35) oder Bedämpfungskurven von einander unmittelbar benachbarten Nachweiseinrichtungen (14, 24, 34) zwischen 20 % und 50 %, insbesondere zwischen 25 % und 35 %, beträgt.
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass von den Nachweiseinrichtungen (14, 24, 34) jeweils ein radialer Abstand des Zielobjekts (50) zu einer Achse der Induktivität (16, 26, 36) erfassbar ist.

19. Verfahren zur Erfassung der Position eines, insbesondere metallischen, Zielobjekts (50),
bei dem mindestens zwei Nachweiseinrichtungen (14, 24, 34) entlang einer zu überwachenden Wegstrecke (51) so positioniert werden, dass sich die Empfindlichkeitskurven (15, 25, 35) von einander unmittelbar benachbarten Nachweiseinrichtungen (24, 24, 34) wenigstens teilweise überlappen, wobei die Nachweiseinrichtungen (14, 24, 34) jeweils in Abhängigkeit von der Entfernung des Zielobjekts ein Entfernungssignal liefern,
bei dem die von den Nachweiseinrichtungen (14, 24, 34) jeweils erfassten Entfernungssignale von mindestens einer Umsetzeinrichtung (19, 29, 39, 59) in Analogsignale, insbesondere Strom- und/oder Spannungssignale umgesetzt werden, und bei dem aus den verschiedenen, auf die jeweiligen Nachweiseinrichtungen (14, 24, 34) zurückgehenden Analogsignalen die Position des Zielobjekts (50) ermittelt wird, dadurch gekennzeichnet,
dass als Entfernungssignal jeweils Bedämpfungssignale von Oszillatoren der Nachweiseinrichtungen (14, 24, 34) verwendet werden.
20. Verfahren nach Anspruch 19,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Nachweiseinrichtungen (14, 24, 34) so angeordnet werden, dass aus Teilbereichen mit hoher Ortsauflösung der Bedämpfungskurven der einzelnen Nachweiseinrichtungen (14, 24, 34) eine Nachweiskurve für die gesamte zu überwachende Wegstrecke zusammensetzbar ist, und
dass zur Bestimmung der Position des Zielobjekts (50) die gemessenen Bedämpfungswerte mit zuvor, insbesondere punktweise, aufgenommenen Einlerndaten verglichen werden.
21. Verfahren nach Anspruch 20,
dadurch gekennzeichnet,
dass zur Aufnahme der Einlerndaten das Zielobjekt (50) entlang der zu überwachenden Wegstrecke geführt wird, wobei

die Position des Zielobjekts (50) und die jeweiligen Bedämpfungssignale der Nachweiseinrichtungen (14, 24, 34) mitgeschrieben werden.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Aufnahme der Einlerndaten die Position des Zielobjekts (50) auch quer zu der zu überwachenden Wegstrecke variiert wird, wobei auch hierbei jeweils die Positionen und jeweiligen Bedämpfungssignale mitgeschrieben werden.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass zur Auswertung das Bedämpfungssignal der Nachweiseinrichtung mit der zweitgrößten Bedämpfung herangezogen wird.
24. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Empfindlichkeitskurven (15, 25, 35) der Nachweiseinrichtungen (14, 24, 34) normiert werden.
25. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass zur Auswertung ein Wertepaar, bestehend aus dem Bedämpfungssignal mit der zweitgrößten und der größten Bedämpfung, herangezogen wird.
26. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung der Position des Zielobjekts (50) zwischen Punkten der Einlerndaten interpoliert wird.
27. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilstücke der Bedämpfungskurven für die Auswertung jeweils durch Geraden angenähert werden.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 27,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t ,
dass zur Auswertung jeweils nur ein Abschnitt einer Nach-
weiseinrichtung (14, 24, 34) berücksichtigt wird oder dass
mehrere Nachweiseinrichtungen (14, 24, 34) gleichzeitig
ausgewertet werden, insbesondere Verhältnisse aus den Ana-
logsignalen gebildet werden.

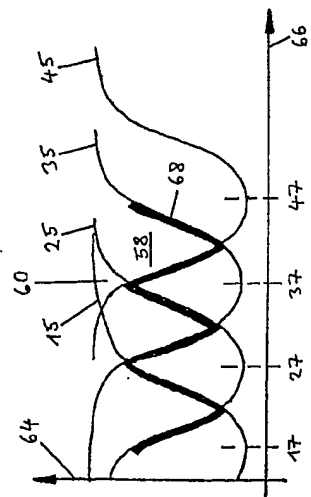
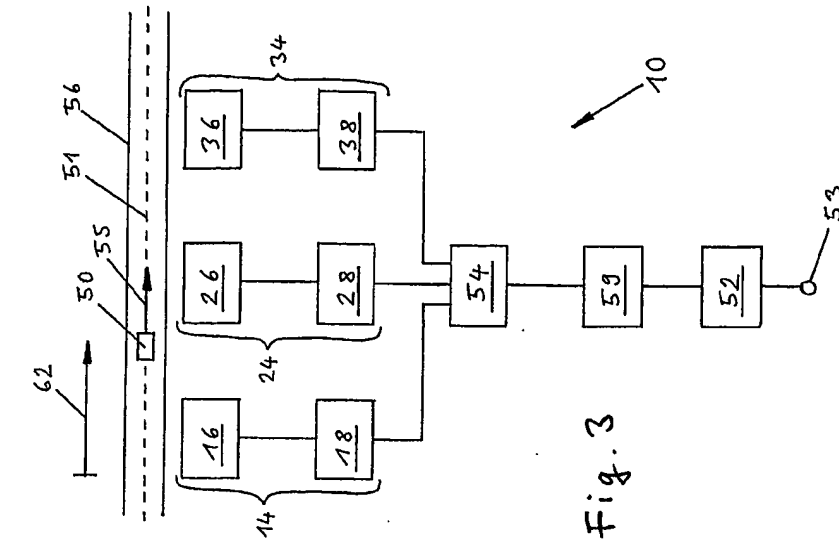


Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

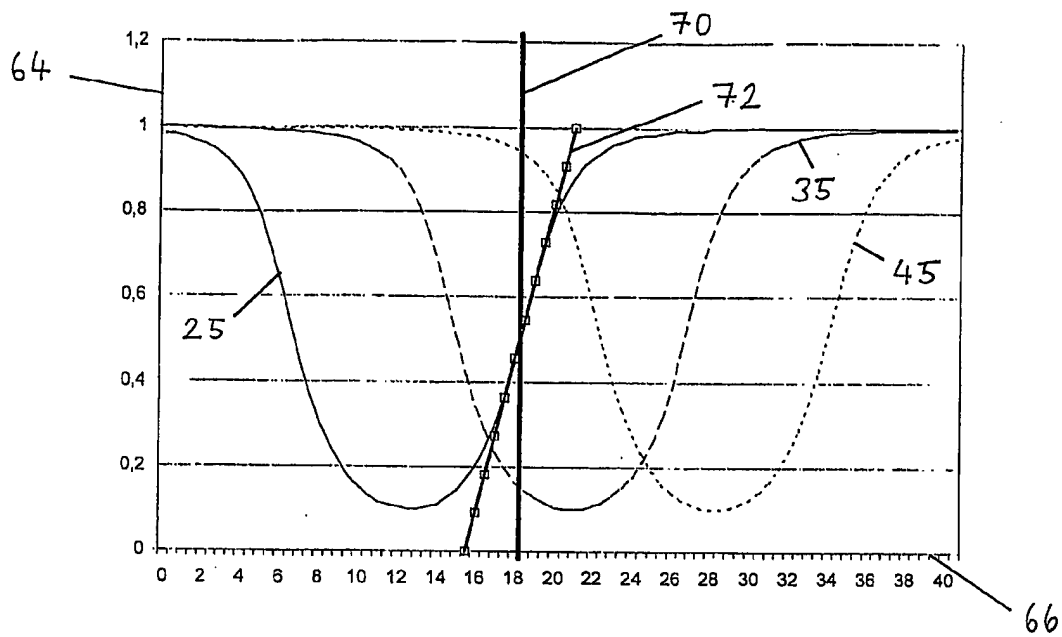


Fig. 4

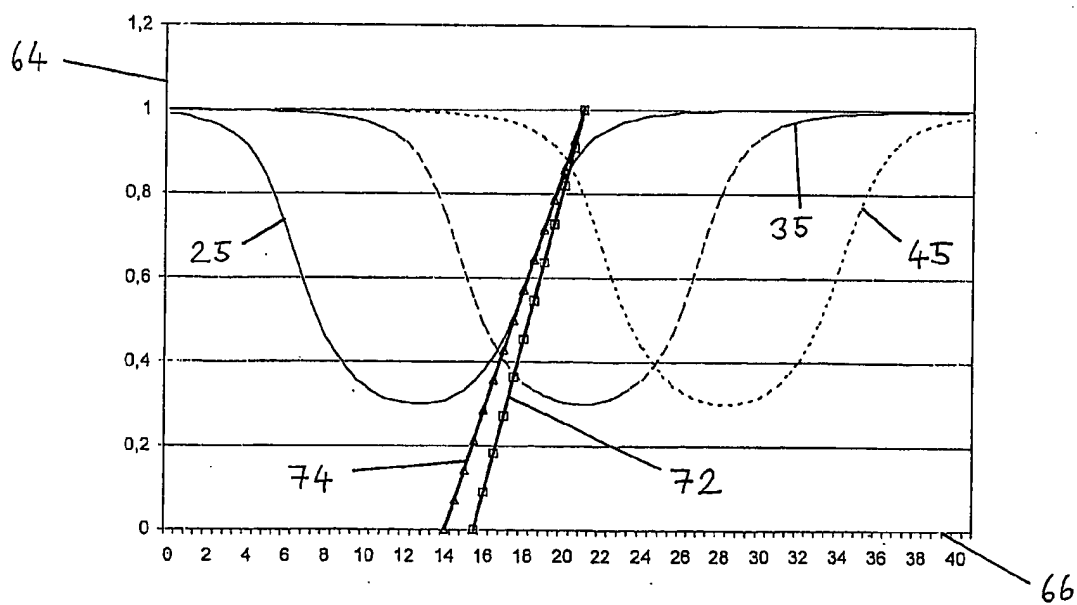
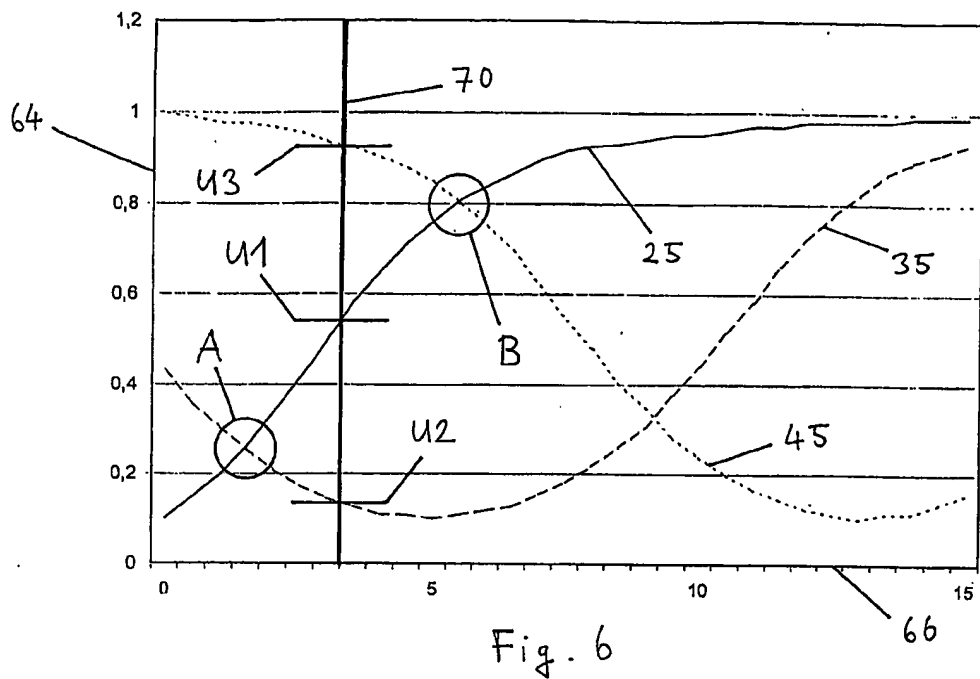
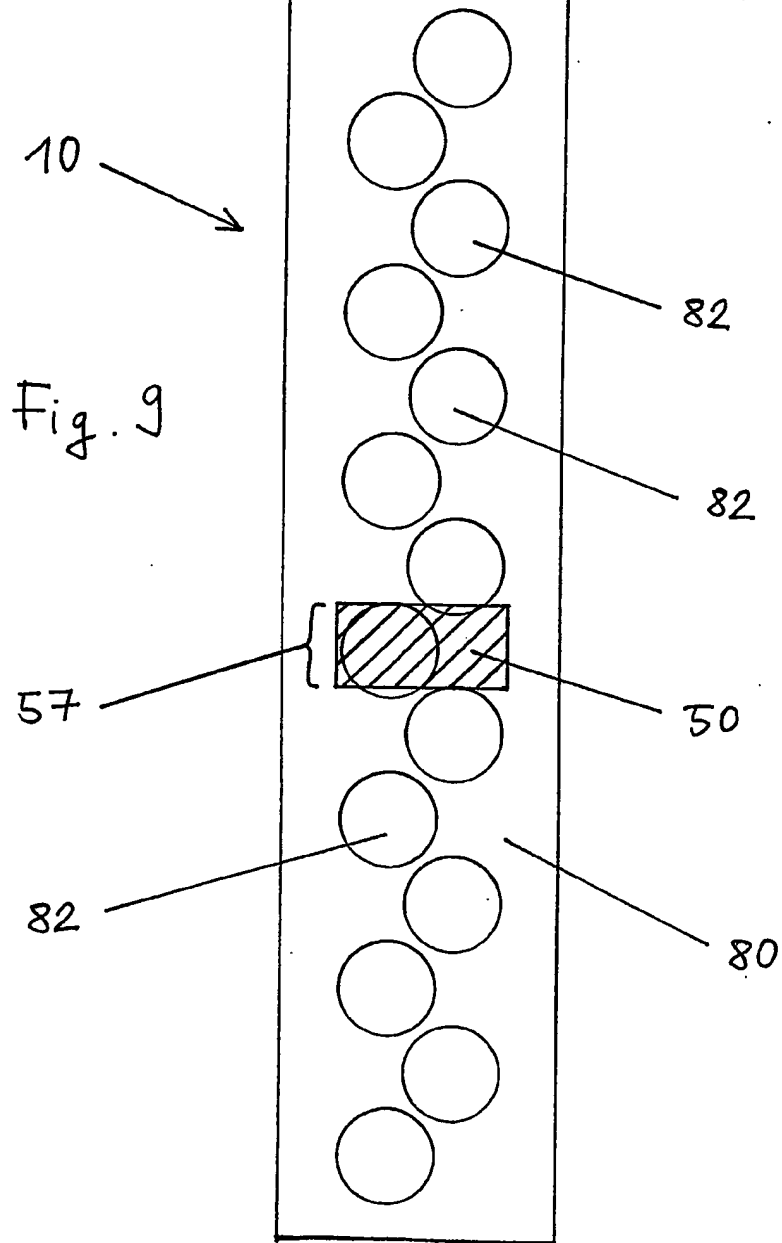
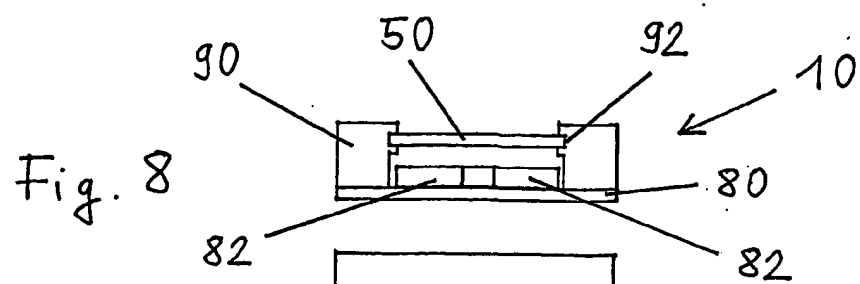


Fig. 5



U1/U2	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
0	a00	a10	..	..	..	a50
0,1	a01	a11	..	..	..	..
0,2	a02	..	..	..	..	..
0,3	a03	..	..	..	..	..
0,4	a04	..	..	..	..	..
0,5	a05	a15	a25	..	..	..
0,6	a06	a16	a26	..	..	..
0,7	a07	..	..	..	..	..
0,8	a08	..	..	..	..	..
0,9	a09	..	..	..	..	..
1	a0A	..	..	..	..	a5A

Fig. 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/008454

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01D5/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No
X	DE 31 00 486 A (FIAT RICERCHE) 18 February 1982 (1982-02-18)	1, 19
Y	pages 14-21; figures 1,7-9	1-28
Y	US 3 846 771 A (BOOMGAARD D ET AL) 5 November 1974 (1974-11-05)	1-19
Y	abstract; figures 5,6	
Y	DE 101 29 819 A (SMW AUTOBLOK SPANNSYSTEME GMBH) 2 January 2003 (2003-01-02)	19-28
Y	columns 2-4	
Y	DE 101 25 278 A (CHERRY GMBH) 12 December 2002 (2002-12-12)	1-19
	columns 1-3; figure 7	
	----- -/--	



Further documents are listed in the continuation of box C



Patent family members are listed in annex

* Special categories of cited documents

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

G document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 January 2005

Date of mailing of the international search report

20/01/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P B 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kallinger, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/008454

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 4 652 821 A (KREFT HANS-DIETRICH) 24 March 1987 (1987-03-24) columns 1-2; figure 1 -----	1-19
A	DE 25 49 627 A (NIPPON KOKAN KK) 24 June 1976 (1976-06-24) pages 1-2; figure 1 -----	
A	DE 102 32 710 A (CHERRY GMBH) 3 April 2003 (2003-04-03) paragraph '0044!'; figure 2 -----	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/008454

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 3100486 A	18-02-1982	IT 1128202 B DE 3100486 A1 FR 2473377 A1 GB 2067765 A	28-05-1986 18-02-1982 17-07-1981 30-07-1981
US 3846771 A	05-11-1974	CA 986206 A1 GB 1407530 A	23-03-1976 24-09-1975
DE 10129819 A	02-01-2003	DE 10129819 A1 JP 2003035503 A US 2002189123 A1	02-01-2003 07-02-2003 19-12-2002
DE 10125278 A	12-12-2002	DE 10125278 A1 EP 1261131 A2 JP 2002351561 A US 2002175060 A1	12-12-2002 27-11-2002 06-12-2002 28-11-2002
US 4652821 A	24-03-1987	DE 3244891 A1 FR 2537268 A1 GB 2131554 A , B JP 1721532 C JP 4007442 B JP 59141003 A	07-06-1984 08-06-1984 20-06-1984 24-12-1992 12-02-1992 13-08-1984
DE 2549627 A	24-06-1976	JP 1185129 C JP 51110358 A JP 58018601 B JP 1047069 C JP 51053843 A JP 55036921 B DE 2549627 A1 FR 2290654 A1 GB 1512799 A US 4030027 A	20-01-1984 29-09-1976 14-04-1983 28-05-1981 12-05-1976 25-09-1980 24-06-1976 04-06-1976 01-06-1978 14-06-1977
DE 10232710 A	03-04-2003	DE 10232710 A1 EP 1289339 A2	03-04-2003 05-03-2003

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/008454

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 7 G01D5/20		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 G01D		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 31 00 486 A (FIAT RICERCHE) 18. Februar 1982 (1982-02-18)	1, 19
Y	Seiten 14-21; Abbildungen 1, 7-9	1-28
Y	US 3 846 771 A (BOOMGAARD D ET AL) 5. November 1974 (1974-11-05)	1-19
	Zusammenfassung; Abbildungen 5, 6	
Y	DE 101 29 819 A (SMW AUTOBLOK SPANNSYSTEME GMBH) 2. Januar 2003 (2003-01-02)	19-28
	Spalten 2-4	
Y	DE 101 25 278 A (CHERRY GMBH) 12. Dezember 2002 (2002-12-12)	1-19
	Spalten 1-3; Abbildung 7	
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
3. Januar 2005		20/01/2005
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P B 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Kallinger, C

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/008454

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr
Y	US 4 652 821 A (KREFT HANS-DIETRICH) 24. März 1987 (1987-03-24) Spalten 1-2; Abbildung 1 -----	1-19
A	DE 25 49 627 A (NIPPON KOKAN KK) 24. Juni 1976 (1976-06-24) Seiten 1-2; Abbildung 1 -----	
A	DE 102 32 710 A (CHERRY GMBH) 3. April 2003 (2003-04-03) Absatz '0044!; Abbildung 2 -----	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/008454

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 3100486 A	18-02-1982	IT 1128202 B DE 3100486 A1 FR 2473377 A1 GB 2067765 A	28-05-1986 18-02-1982 17-07-1981 30-07-1981
US 3846771 A	05-11-1974	CA 986206 A1 GB 1407530 A	23-03-1976 24-09-1975
DE 10129819 A	02-01-2003	DE 10129819 A1 JP 2003035503 A US 2002189123 A1	02-01-2003 07-02-2003 19-12-2002
DE 10125278 A	12-12-2002	DE 10125278 A1 EP 1261131 A2 JP 2002351561 A US 2002175060 A1	12-12-2002 27-11-2002 06-12-2002 28-11-2002
US 4652821 A	24-03-1987	DE 3244891 A1 FR 2537268 A1 GB 2131554 A ,B JP 1721532 C JP 4007442 B JP 59141003 A	07-06-1984 08-06-1984 20-06-1984 24-12-1992 12-02-1992 13-08-1984
DE 2549627 A	24-06-1976	JP 1185129 C JP 51110358 A JP 58018601 B JP 1047069 C JP 51053843 A JP 55036921 B DE 2549627 A1 FR 2290654 A1 GB 1512799 A US 4030027 A	20-01-1984 29-09-1976 14-04-1983 28-05-1981 12-05-1976 25-09-1980 24-06-1976 04-06-1976 01-06-1978 14-06-1977
DE 10232710 A	03-04-2003	DE 10232710 A1 EP 1289339 A2	03-04-2003 05-03-2003